

Publication number: KR1999-0066360

Date of publication of application: 16.08.1999

Application number: 10-1998-0002240

Date of filing: 24.01.1998

Title ; METHOD OF CRYSTALLIZING AMORPHOUS SILICON THIN FILM

Abstract

The present invention is related to a crystallization method of an amorphous silicon thin film. For the benefit of conducting both a dehydrogenation process and a crystallization process at the same time using a laser, a laser pulse beam is scanned and overlapped in a certain ratio when crystallizing the amorphous silicon thin film. Variation of energy density for each laser pulse beam is minimized in a range of increasing an energy density. Moreover, to prevent the damage of thin film during dehydrogenation, a beam profile and a scanning distance for moving each laser beam are controlled, so that the dehydrogenation and melt-crystallization are conducted at the same time. In the present invention, since both the dehydrogenation process and the crystallization process are conducted simultaneously, additional processes and apparatuses for the dehydrogenation can be omitted when crystallizing the amorphous silicon thin film. As a result, it is possible to simplify the fabrication process and to reduce the process time.

특 1999-0066360

찾아보기  
등록번호  
특 1999-0066360

(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.<sup>8</sup> (11) 공개번호 특 1999-0066360  
H01L 21/08 (43) 공개일자 1999년 08월 16일

(21) 출원번호 10-1998-0002240  
(22) 출원일자 1998년 01월 24일  
(71) 출원인 엘지전자 주식회사 구자홍  
서울특별시 영등포구 여의도동 20번지  
(72) 발명자 양명수  
경기도 안양시 동안구 관양동 1587-5 공작성일아파트 205/905  
(74) 대리인 양순석, 한윤근

심사청구 : 있음

(54) 비정질 실리콘 박막을 결정화하는 방법

요약

본 발명은 비정질 실리콘 박막을 결정화하는 방법에 관한 것으로, 레이저를 사용하여 탈수소화 공정과 결정화 공정을 동시에 진행할 수 있도록 하기 위하여, 레이저 펄스 빔을 소정의 중첩비율로 스캐닝하는 방식으로 비정질 실리콘 박막을 결정화하는 방법에 있어서, 상기 레이저 빔의 조사방법에 의하여 에너지 밀도 증가영역에서 각 레이저 펄스 빔에 대한 에너지밀도의 변화율을 최소화하여 탈수소에 의한 박막의 손상이 없도록 빔 프로파일과 각 레이저 빔당 이동하는 스캔길이를 조절하는 방식으로 탈수소화 공정과 용융결정화 작업을 동시에 진행하며, 한 번의 레이저 빔 스캐닝으로 탈수소화 공정과 결정화 공정을 동시에 진행할 수 있어서, 탈수소화 작업을 위한 별도의 공정이나 장비가 생략되기 때문에 제조공정을 단순화하고, 공정시간을 단축시킬 수 있다.

도표

도 2

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 종래의 기술에 따른 레이저 빔의 프로파일과 본 발명에 따른 레이저 빔의 프로파일을 설명하기 위한 도면  
도 2는 본 발명의 제 1 실시예에 따른 레이저 빔의 프로파일을 설명하기 위한 도면  
도 3은 종래의 기술에 의하여 탈수소화 작업 후, 레이저 결정화한 실리콘 박막의 상태  
도 4는 본 발명에 따라 적절한 에너지 밀도의 레이저로 탈수소화와 결정화를 동시에 진행한 실리콘 박막의 상태  
도 5는 본 발명에 따라 고에너지밀도의 레이저로 탈수소화 공정과 결정화 공정을 동시에 진행한 실리콘 박막의 상태  
도 6는 본 발명의 제 2 실시예에 따른 레이저 빔의 프로파일을 설명하기 위한 도면  
도 7은 본 발명에 의하여 결정화된 실리콘 박막의 수소함량을 설명하기 위한 도면

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 비정질 실리콘 박막(amorphous silicon layer)을 결정화하는 방법에 관한 것으로 특히, 소정 형상의 프로파일을 가지는 레이저 빔(laser beam)을 사용하여 탈수소화 공정과 결정화 공정을 동시에 진행하는 비정질 실리콘 박막을 결정화하는 방법에 관한 것이다.

비정질 실리콘 박막에 레이저 등의 에너지를 공급하면, 비정질 실리콘은 용융된 후, 냉각 또는 고화되면서 결정화된다. 이 때 용융되지 않은 작은 결정핵이 씨드(seed)가 되어 점점 성장해가면서 큰 결정을 형성함으로써 결정화가 이루어진다. 이 때, 용융된 실리콘의 여러 곳에 씨드가 동시에 다발적으로 생성되고, 성장하게 되면 다결정 실리콘이 되기도 한다. 다결정 실리콘은 이와 같이 여러개의 결정입자들이 성장하여 결정화되는 것이기 때문에, 결정입자 각각에 대하여 바운더리(boundary)를 가지고 있다. 이러한

다결정 실리콘을 활성층의 채널영역으로 사용할 경우에는 캐리어들이 많은 결정입자의 바운더리를 통과하여야 하는 그레인 바운더리 효과 (grain boundary effect)에 영향을 받기 때문에 캐리어의 이동도가 크지 않다.

저온 다결정 실리콘 박막트랜지스터를 구비하는 액정표시장치에서는 기판 상에 PECVD(Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition)에 의하여 비정질 실리콘 박막을 증착한 후, 이 비정질 실리콘 박막을 퍼니스(furnace) 어닐링 혹은, 레이저 어닐링하여 결정화시켜 박막트랜지스터의 활성층으로 사용한다.

종래의 기술에 있어서, 비정질 실리콘 박막을 결정화하는 방법은 후술하는 바와 같이 진행된다.

제 1 방법은 PECVD에 의하여 비정질 실리콘을 증착하여 박막을 형성한 후, 결정화하는 공정이다. PECVD의 증착의 경우에는 공정 특성상, 약 15% 정도의 수소가 함유된 상태로 비정질 실리콘 박막이 증착된다. 따라서, 박막이 함유한 수소를 400°C 이상에서 열처리하여 탈수소화한 후, 레이저를 조사하여 비정질 실리콘박막을 용융 결정화함으로써, 다결정 실리콘 박막으로 결정화한다. 이 경우, 탈수소화를 위하여 furnace등과 같은 열처리 장비가 추가로 필요하고, 탈수소를 위한 열처리 공정이 약 5시간 정도 걸리기 때문에 생산성 및 투자비 증가를 초래한다. 또한, 실리콘 박막 하부에 금속층이 위치하는 구조에서는 furnace등과 같은 열처리 장비를 이용하는 경우에 열 공정 조건에 의하여 금속에 팽창등과 같은 손상이 야기된다.

제 2 방법은 비정질 실리콘 박막을 형성할 때, 박막 속에 수소의 함량을 적게 하도록 LPCVD(Low Pressure Chemical Vapor Deposition)로 증착한 후, 곧 레이저를 조사하여 비정질 실리콘 박막을 용융 결정화하는 방법이다. 이 방법은 비정질 실리콘 박막내의 수소가 적기 때문에 박막 표면이 거칠어지지 않게 결정화를 할 수 있다. 그러나 LPCVD에 의한 경우에는 공정 온도가 약 500°C 정도 이상으로 높아지기 때문에 유리기판의 변형을 초래하며, 생산성도 낮다. 따라서 저온에서 저수소 함량을 가지도록 비정질 실리콘 박막을 형성할 수 있는 경우의 장비와 기술 개발이 필요하다.

#### 발명에 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 비정질 실리콘 박막에 탈수소화 공정과 결정화 공정을 동시에 진행할 수 있는 개선된 프로파일을 가지는 레이저 빔을 사용하여 수소화된 비정질 실리콘 박막을 탈수소화 및 결정화하여 하는 것이다.

본 발명은 레이저 빔 프로파일의 에너지밀도 증가영역에서의 에너지 기울기를 완만하게 하거나, 그 구간에서의 중첩간격을 줄임으로써, 비정질 실리콘 박막에 완만한 변화율로 에너지를 연속적으로 공급하여 박막의 손상없이 수소를 탈출시키고 동시에 결정화 작업을 진행하려 하는 것이다.

본 발명은 비정질 실리콘에 소정의 프로파일을 가지는 레이저 빔을 스캐닝 방식으로 조사하되, 한 번의 스캐닝 공정으로 탈수소화 공정과 결정화 공정을 동시에 진행하여 비정질 실리콘을 결정화하는 방법이다.

본 발명은 레이저 펄스 빔을 소정의 중첩비율로 스캐닝하는 방식으로 비정질 실리콘 박막을 결정화하는 방법에 있어서, 상기 레이저 빔의 조사방법에 의하여 에너지밀도 증가영역에서 각 레이저 펄스 빔에 대한 에너지밀도의 변화율을 최소화하여 탈수소에 의한 박막의 손상이 없도록 레이저 빔 프로파일과 각 레이저 빔당 이동하는 스캔길이를 조절하는 방식으로 탈수소화 공정과 결정화 공정을 동시에 진행하는 비정질 실리콘을 결정화하는 방법이다.

#### 발명의 구성 및 작용

비정질 실리콘 박막의 결정화는 상기 박막에 레이저 빔을 조사함으로써 소정 크기의 결정화 에너지를 공급하여 용융상태로 만든 후에, 결정화시키는 과정을 거친다. 통상적인 경우, 비정질 실리콘 박막은 PECVD에 의하여 증착되며, 이 경우 비정질 실리콘 박막에는 약 15% 정도의 수소가 함유된 상태가 된다. 따라서 비정질 실리콘 박막을 결정화하기 위한 종래의 일반적인 경우에는 400°C 이상에서 열 어닐링에 의하여 탈수소화 공정을 먼저 진행한 후, 결정화공정을 진행한다. 이는 수소가 다량 함유된 비정질 실리콘에 탈수소화를 위한 저에너지의 레이저 빔을 조사하지 않은 상태에서 실리콘 박막이 큰 결정입자를 가지도록 결정성장이 일어나는 크기의 에너지를 가지는 레이저 빔을 공급하게 되면, 용융상태의 실리콘 내에 존재하는 다량의 수소가 폭발적으로 탈출함으로써, 실리콘 박막에 손상을 주기 때문이다. (도 3은 탈수소화가 급진적으로 일어나서 실리콘 박막이 손상된 상태를 보여줌)

도 1은 종래의 기술에 의한 레이저 에너지의 프로파일과 본 발명에 의한 레이저 에너지의 프로파일을 설명하기 위한 도면이다.

종래의 기술에 사용된 레이저 에너지의 프로파일(A)은 에너지밀도 증가영역에서의 에너지밀도의 기울기가 크다. 이는 종래의 경우, 탈수소화 공정을 끝낸 수소가 거의 없는 비정질 실리콘 박막에 결정화 공정에 필요한 높은 에너지를 지속적으로 공급하기 위함이다. (A)와 같은 프로파일을 가지는 레이저 빔 에너지를 탈수소화가 진행되지 않은 비정질 실리콘 박막에 공급하게 되면, 다량의 수소에 과잉에너지가 순간적으로 공급됨으로써, 폭발적으로 방출되어 박막에 손상을 준다.

본 발명에 사용된 레이저 에너지의 프로파일(B)은 에너지밀도 증가영역에서의 에너지밀도의 기울기가 종래의 것보다 훨씬 완만하다. 따라서 (B)와 같은 프로파일을 가지는 레이저 빔을 비정질 실리콘 박막에 조사하게 되면, 실리콘 박막이 용융되고 결정화되는 정도가 작아서 그에 따라 실리콘이 용융될 때 용융된 실리콘 내의 수소량도 적다. 또한, 수소에 공급되는 에너지의 변화율이 적기 때문에 박막 상부에서부터 박막 하부로 점진적인 탈수소화가 진행된다. 즉, 본 발명은 에너지밀도 증가영역에서 에너지밀도의 증가폭을 낮춤으로써, 비정질 실리콘 박막이 용융될 때, 용융된 실리콘 내의 수소함량을 적게하고, 이때의 수소가 받는 에너지를 적게 함으로써, 비정질 실리콘 박막 내의 수소를 점진적으로 빼내고 결정화를 진행하여 수소에 의한 손상을 방지한다. 박막에 조사하는 초기 에너지 변화율을 최적화하여 수소에 의한 손상을 없애고 생산성을 높이기 위해서는 본 발명에 따른 프로파일(B)에 보인 바와 같이, 에너지밀

도 증가영역에서의 에너지밀도의 기울기를 최소화하고, 레이저 빔의 중첩비율을 가능한 한 줄인다. 즉, 생산성을 향상시키고 수소에 의한 손상을 없앨 수 있도록 초기 레이저 펄스 빔 당 레이저 에너지 변화를 최적화한다.

도 2는 본 발명의 제 1 실시예에 따른 가우시안 프로파일을 가지는 레이저빔을 설명하기 위한 도면으로, 각각의 에너지 밀도에 따른 레이저빔의 프로파일을 도시한 것이다. 가로축의 눈금은 전체 빔의 너비를 99% 중첩하는 경우를 표시한 것으로, 레이저 빔의 너비가 주어진다면, 중첩 비율에 의하여 중첩길이를 알 수 있다. 세로축은 에너지 밀도를 표시한 것이다.

도면에 표시한 바와 같이, A는 비정질 실리콘 박막의 표면이 녹기 시작하는 에너지 밀도지점이고, C는 측면 성장(lateral growth)이 시작되는 에너지 밀도지점이며, B는 결정입자의 크기를 150nm정도로 키울 수 있는 지점이며, E는 비정질 실리콘 박막을 뜯뜨게 할 수 있는 에너지 밀도지점이다.

에너지 밀도가 A~C인 레이저 빔을 사용하여 비정질 실리콘 박막을 조사하는 경우에는 에너지 밀도가 충분히 크지 않기 때문에 실리콘 박막의 하부 계면까지 용융되지 않아서 결정성장도 수직으로 일어난다. 따라서 실리콘의 결정입자도 작고 하부 계면에 수소도 어느 정도 함유되어 있는 상태가 된다. 에너지 밀도가 C~F인 레이저빔을 비정질 실리콘 박막을 조사하는 경우에는 박막의 상태는 결정입자의 측면성장이 이루어져 결정입자의 확장이 일어나고, 수소에 의한 박막 손상도 거의 없다. 즉, 표면이 녹기 시작하고, 에너지 밀도의 증가로 측면 성장이 어느 정도 일어나서 결정입자가 400nm정도로 성장하기 까까지 탈수소화와 결정화가 점진적으로 일어나기 때문에 수소에 의한 박막의 손상이 없다. 에너지 밀도가 6 이상인 레이저 빔을 비정질 실리콘 박막에 조사하는 경우에는 고에너지를 받은 수소에 의하여 박막이 떨어져 나가서 보이드(void)가 생기거나 표면이 거칠어진다.(도 3참조)

따라서 본 발명에 의한 레이저 빔은 소정 크기의 에너지 밀도를 가지는 레이저 빔을 사용하되, 도면에 보인 바와 같이, 에너지밀도 증가영역에서의 에너지 기울기를 완만하게 해주고 중첩비율을 증가시킴으로써, 실리콘 박막에 공급되는 레이저 빔 에너지의 변화율을 최소화하여 수소가 실리콘 박막에 손상을 주지 않고 점진적으로 박막을 탈출할 수 있게 한다.

도 3부터 도 5가 보여주는 결정화된 실리콘 박막의 SEM 사진들은 이를 확인해준다. 도 3은 탈수소화를 진행하지 않은 상태의 실리콘 박막에 고에너지 밀도의 레이저를 공급함으로써 보이드가 형성되는 등 수소에 의해 손상된 박막의 상태를 보여준 실리콘 박막의 상태를 나타낸 것이고, 도 4는 통상의 열 어닐에 의하여 탈수소화를 진행한 후, 레이저 빔을 조사하여 결정화한 실리콘 박막의 상태를 나타낸 것이고, 도 5는 본 발명에 따른 완만한 기울기의 가우시안 프로파일을 가진 레이저빔을 조사하여 탈수소화 공정과 결정화 공정을 동시에 진행한 후의 실리콘 박막의 상태를 예를 들어 나타낸 것이다. 도면에서 알 수 있듯이, 본 발명에 따른 빔 프로파일을 가지는 레이저를 사용할 경우, 탈수소화와 결정화를 각각 실시하여 결정화한 종래의 경우와 마찬가지로 크고 균일한 결정입자를 형성하면서 수소에 의한 실리콘 박막의 손상이 실리콘 박막을 결정화할 수 있다. 따라서 본 발명은 별도의 탈수소화 공정 없이 실리콘 박막의 결정입자를 크고 균일하게 결정화할 수 있다.

도 6은 상술된 본 발명을 적용한 본 발명의 제 2 실시예에 따른 탑햇(top hat) 프로파일을 가지는 레이저 빔을 설명하기 위한 도면으로, 각각의 에너지 밀도에 따른 레이저 빔의 프로파일을 도시한 것이다. 가로축의 눈금은 전체 빔의 너비를 99% 중첩하는 경우를 표시한 것으로, 레이저빔의 너비가 주어진다면, 중첩 비율에 의하여 중첩길이를 알 수 있다. 세로축은 에너지 밀도를 표시한 것이다.

도 6에 표시한 바와 같이, A는 비정질 실리콘 박막의 표면이 녹기 시작하는 에너지 밀도지점이고, C는 측면 성장(lateral growth)이 시작되는 에너지 밀도지점이며, B는 결정입자의 크기를 150nm정도로 키울 수 있는 지점이며, F는 비정질 실리콘 박막의 표면을 뜯뜨게 하는 에너지 밀도지점이다.

이 실시예에서는 에너지 밀도가 E이하인 레이저 빔을 사용하되, 에너지밀도 증가영역에서의 에너지 기울기를 완만하게 해주고 중첩비율을 증가시킴으로써, 박막에 공급되는 레이저 빔 에너지의 변화율을 최소화하여 수소가 실리콘 박막에 손상을 주지 않고 점진적으로 박막을 탈출할 수 있게 하는 레이저 빔의 프로파일을 제공한다. 즉, 제 1 실시예에서 설명한 바와 같이, 에너지밀도 증가영역에서의 에너지 변화를 최소화한 레이저 빔을 공급함으로써, 실리콘 박막의 표면이 녹기 시작하여 측면 성장이 어느 정도 일어나는 부분까지 점진적으로 탈수소화와 결정화가 일어나도록 하여 수소에 의한 박막의 손상이 결정입자를 성장시킨다.

그런데 가우시안 프로파일의 경우에 비하여 탑햇 프로파일은 그 프로파일의 특성상, 에너지밀도 증가영역에서의 에너지 기울기가 크다. 따라서, 동일한 빔 폭과 동일한 크기의 에너지 밀도를 가지는 탑햇 프로파일을 가지는 레이저 빔은 가우시안 프로파일을 가지는 레이저 빔보다 레이저 빔의 펄스 당 에너지 밀도 증가율이 크다. 따라서 수소에 의한 박막의 손상 없이 탈수소화와 결정화를 동시에 진행할 수 있는 에너지밀도가 적어 프로세스 윈도우(process window)가 적은 것이 특징이다.

도 7은 본 발명에 의하여 탈수소화 공정과 결정화 공정이 진행된 다결정 실리콘 박막의 수소함량을 각각 나타낸 것이다. 기준선 I는 PECVD에 의하여 증착되어 탈수소화가 안된 실리콘 박막의 수소함량을 나타내고, 기준선 II는 실리콘 박막에 탈수소화 공정을 진행한 후의 실리콘 박막의 수소함량을 나타내고, 기준선 III은 실리콘 박막에 탈수소화를 진행한 다음, 레이저 어닐링에 의한 결정화 공정을 진행한 후의 실리콘 박막의 수소함량을 나타낸 것이다.

도면에 보인 바와 같이, 별도의 탈수소화 공정을 끝낸 후 레이저 결정화한 후의 다결정 실리콘 박막과 본 발명에 의하여 탈수소화와 결정화작업을 동시에 진행한 후의 실리콘 박막의 수소함량은 거의 같다.

상기에서는 가우시안 프로파일과 탑햇 프로파일의 두 가지 실시예만을 들어 본 발명을 서술하였지만, 상술된 본 발명의 원리를 적용하여 다양한 형태의 레이저 빔의 프로파일을 제공할 수 있다. 그 일 예로, 에너지 프로파일이 에너지밀도 증가영역에서는 실리콘 박막에 손상이 없도록 탈수소가 용이한 매우 완만한 기울기를 가지도록하고, 이 후의 에너지밀도 영역에서는 결정화에 유리하도록 설계된 비대칭적인 것을 사용할 수 있다. 즉, 에너지 밀도 증가영역에서의 에너지 기울기를 완만하게 해주고 중첩비율을 증가

시킴으로써, 박막에 공급되는 레이저 빔 에너지의 변화율을 최소화하도록 조절하는 방식에 의하여 비정질 실리콘 박막을 수소에 의한 손상없이 탈수소화와 결정화를 동시에 진행시킨다.

본 발명은 탈수소화를 위한 열공정이 진행되지 않기 때문에 하부에 금속층이 위치하는 구조에서 상기 열처리 공정시 금속의 손상을 방지할 수 있다.

### 발명의 효과

본 발명은 레이저 결정화시, 에너지밀도 증가영역에서 각 레이저 펄스 빔 당 에너지밀도 변화율을 최소화한 프로파일을 가진 레이저 빔을 비정질 실리콘 박막에 조사함으로써, 한 번의 레이저 빔 스캐닝으로 탈수소화 공정과 결정화 공정을 동시에 진행할 수 있다. 따라서 탈수소화 작업을 위한 별도의 공정이나 장비가 생략되기 때문에 제조공정을 단순화하고, 공정시간을 단축시킬 수 있다. 또한, 탈수소화를 위한 열공정이 진행되지 않기 때문에 하부에 금속층이 위치하는 구조에서 상기 열처리 공정시 금속의 손상을 방지할 수 있다.

### (57) 청구의 범위

청구항 1. 비정질 실리콘에 소정의 프로파일을 가지는 레이저 빔을 스캐닝 방식으로 조사하되, 한 번의 스캐닝 공정으로 탈수소화 공정과 결정화 공정을 동시에 진행하여 비정질 실리콘을 결정화하는 방법.

청구항 2. 레이저 펄스 빔을 소정의 중첩비율로 스캐닝하는 방식으로 비정질 실리콘 박막을 결정화하는 방법에 있어서, 상기 레이저 빔의 조사방법에 의하여 에너지밀도 증가영역에서 각 레이저 펄스 빔에 대한 에너지밀도의 변화율을 최소화하여 탈수소에 의한 박막의 손상이 없도록 레이저 빔 프로파일과 각 레이저 빔당 이동하는 스캔길이를 조절하는 방식으로 탈수소화 공정과 결정화 공정을 동시에 진행하는 비정질 실리콘을 결정화하는 방법.

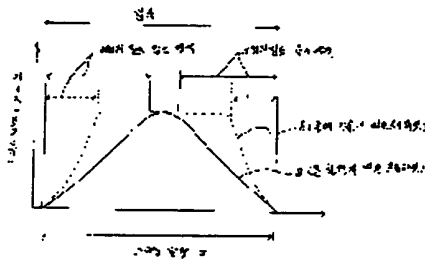
청구항 3. 청구항 2에 있어서, 상기 에너지 프로파일은 가우시안 프로파일인 것이 특징인 비정질 실리콘 박막을 결정화하는 방법.

청구항 4. 청구항 2에 있어서, 상기 에너지 프로파일은 탭렛 프로파일인 것이 특징인 비정질 실리콘 박막을 결정화하는 방법.

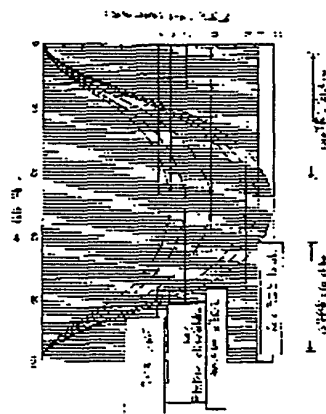
청구항 5. 청구항 2에 있어서, 상기 에너지 프로파일이 에너지밀도 증가영역에서는 실리콘 박막에 손상이 없도록 탈수소가 용이한 매우 완만한 기울기를 가지고 이 후의 에너지밀도 영역에서는 결정화에 유리하도록 설계된 비대칭적인 것이 특징인 비정질 실리콘 박막을 결정화하는 방법.

### 도면

도면1



도 22



도 23



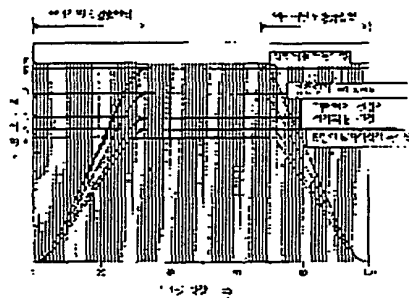
도 24



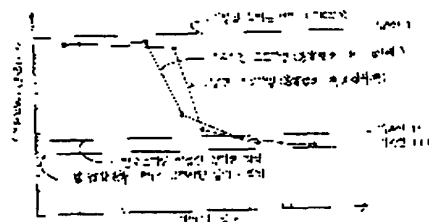
도 25



도 26



도 27



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl. 6

(11) 공개번호 특 1999-0066360

H01L 21/08

(43) 공개일자 1999년 08월 16일

(21) 출원번호 10-1998-0002240

(22) 출원일자 1998년 01월 24일

(71) 출원인 엘지전자 주식회사 구자홍

(72) 발명자 서울특별시 영등포구 여의도동 20번지  
양명수

(74) 대리인 경기도 안양시 동안구 관양동 1587-5 공작성일아파트 20/905  
양순석, 한윤근

심사청구: 있음

(54) 비정질 실리콘 박막을 결정화하는 방법

요약

본 발명은 비정질 실리콘 박막을 결정화하는 방법에 관한 것으로, 레이저를 사용하여 탈수소화 공정과 결정화 공정을 동시에 진행할 수 있도록 하기 위하여, 레이저 펄스 빔을 소정의 중첩비율로 스캐닝하는 방식으로 비정질 실리콘 박막을 결정화하는 방법에 있어서, 상기 레이저 빔의 조사방법에 의하여 에너지밀도 증가영역에서 각 레이저 펄스 빔에 대한 에너지밀도의 변화율을 최소화하여 탈수소에 의한 박막의 손상이 없도록 빔 프로파일과 각 레이저 빔당 이동하는 스캔길이를 조절하는 방식으로 탈수소화 공정과 용융결정화 작업을 동시에 진행하며, 한 번의 레이저 빔 스캐닝으로 탈수소화 공정과 결정화 공정을 동시에 진행할 수 있어서, 탈수소화 작업을 위한 별도의 공정이나 장비가 생략되기 때문에 제조공정을 단순화하고, 공정시간을 단축시킬 수 있다.

대표도

도2

영세서

도면의 간단한 설명

도 1은 종래의 기술에 따른 레이저 빔의 프로파일과 본 발명에 따른 레이저 빔의 프로파일을 설명하기 위한 도면

도 2는 본 발명의 제 1 실시예에 따른 레이저 빔의 프로파일을 설명하기 위한 도면

도 3은 종래의 기술에 의하여 탈수소화 작업 후, 레이저 결정화한 실리콘 박막의 상태



도 4은 본 발명에 따라 적절한 에너지 밀도의 레이저로 탈수소화와 결정화를 동시에 진행한 실리콘 박막의 상태

도 5는 본 발명에 따라 고에너지밀도의 레이저로 탈수소화 공정과 결정화 공정을 동시에 진행한 실리콘 박막의 상태

도 6는 본 발명의 제 2 실시예에 따른 레이저 빔의 프로파일을 설명하기 위한 도면

도 7은 본 발명에 의하여 결정화된 실리콘 박막의 수소함량을 설명하기 위한 도면

## 발명의 상세한 설명

### 발명의 목적

#### 발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 비정질 실리콘 박막(amorphous silicon layer)을 결정화하는 방법에 관한 것으로 특히, 소정 형상의 프로파일을 가지는 레이저 빔(laser beam)을 사용하여 탈수소화 공정과 결정화 공정을 동시에 진행하는 비정질 실리콘 박막을 결정화하는 방법에 관한 것이다.

비정질 실리콘 박막에 레이저 등의 에너지를 공급하면, 비정질 실리콘은 용융된 후, 냉각 또는 고화되면서 결정화된다. 이 때 용융되지 않은 작은 결정핵이 씨드(seed)가 되어 점점 성장해가면서 큰 결정을 형성함으로써 결정화가 이루어진다. 이 때, 용융된 실리콘의 여러 곳에 씨드가 동시 다발적으로 생성되고, 성장하게 되면 다결정 실리콘이 되기도 한다. 다결정 실리콘은 이와 같이 여러개의 결정입자들이 성장하여 결정화되는 것이기 때문에, 결정입자 각각에 대하여 바운더리(boundary)를 가지고 있다. 이러한 다결정 실리콘을 활성층의 채널영역으로 사용할 경우에는 캐리어들이 많은 결정입자의 바운더리를 통과하여야 하는 그레인 바운더리 효과 (grain boundary effect)에 영향을 받기 때문에 캐리어의 이동도가 크지 않다.

저온 다결정 실리콘 박막트랜지스터를 구비하는 액정표시장치에서는 기판 상에 PECVD(Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition)에 의하여 비정질 실리콘 박막을 증착한 후, 이 비정질 실리콘 박막을 퍼니스(furnance) 어닐링 혹은, 레이저 어닐링하여 결정화시켜 박막트랜지스터의 활성층으로 사용한다.

종래의 기술에 있어서, 비정질 실리콘 박막을 결정화하는 방법은 후술하는 바와 같이 진행된다.

제 1 방법은 PECVD에 의하여 비정질 실리콘을 증착하여 박막을 형성한 후, 결정화하는 공정이다. PECVD의 증착의 경우에는 공정 특성상, 약 15%정도의 수소가 함유된 상태로 비정질 실리콘 박막이 증착된다. 따라서, 박막이 함유한 수소를 400℃ 이상에서 열처리하여 탈수소화한 후, 레이저를 조사하여 비정질 실리콘박막을 용융 결정화함으로써, 다결정 실리콘 박막으로 결정화한다. 이 경우, 탈수소화를 위하여 furnace등과 같은 열처리 장비가 추가로 필요하고, 탈수소를 위한 열처리 공정이 약 5시간 정도 걸리기 때문에 생산성 및 투자비 증가를 초래한다. 또한, 실리콘 박막 하부에 금속층이 위치하는 구조에서는 furnace등과 같은 열처리 장비를 이용하는 경우에 열 공정 조건에 의하여 금속에 힐록등과 같은 손상이 야기된다.

제 2 방법은 비정질 실리콘 박막을 형성할 때, 박막 속에 수소의 함량을 적게 하도록 LPCVD(Low Pressure Chemical Vapor Deposition)로 증착한 후, 곧 레이저를 조사하여 비정질 실리콘 박막을 용융 결정화하는 방법이다. 이 방법은 비정질 실리콘 박막내의 수소가 적기 때문에 박막 표면이 거칠어지지 않게 결정화를 할 수 있다. 그러나 LPCVD에 의한 경우에는 공정 온도가 약 500℃정도 이상으로 높아지기 때문에 유리기판의 변형을 초래하며, 생산성도 낮다. 따라서 저온에서 저수소 함량을 가지도록 비정질 실리콘 박막을 형성할 수 있는 경우의 장비와 기술 개발이 필요하다.

### 발명이 이루고자하는 기술적 과제

본 발명은 비정질 실리콘 박막에 탈수소화 공정과 결정화 공정을 동시에 진행할 수 있는 개선된 프로파일을 가지는 레이저 빔을 사용하여 수소화된 비정질 실리콘 박막을 탈수소화 및 결정화하려 하는 것이다.

본 발명은 레이저 빔 프로파일의 에너지밀도 증가영역에서의 에너지 기울기를 완만하게 하거나, 그 구간에서의 중첩간격을 줄임으로써, 비정질 실리콘 박막에 완만한 변화율로 에너지를 연속적으로 공급하여 박막의 손상없이 수소를 탈출시키고 동시에 결정화 작업을 진행하려 하는 것이다.

본 발명은 비정질 실리콘에 소정의 프로파일을 가지는 레이저 빔을 스캐닝 방식으로 조사하되, 한 번의 스캐닝 공정으로 탈수소화 공정과 결정화 공정을 동시에 진행하여 비정질 실리콘을 결정화하는 방법이다.

본 발명은 레이저 펄스 빔을 소정의 중첩비율로 스캐닝하는 방식으로 비정질 실리콘 박막을 결정화하는 방법에 있어서, 상기 레이저 빔의 조사방법에 의하여 에너지밀도 증가영역에서 각 레이저 펄스 빔에 대한 에너지밀도의 변화율을 최소화하여 탈수소에 의한 박막의 손상이 없도록 레이저 빔 프로파일과 각 레이저 빔당 이동하는 스캔길이를 조절하는 방식으로 탈수소화 공정과 결정화 공정을 동시에 진행하는 비정질 실리콘을 결정화하는 방법이다.

### 발명의 구성 및 작용

비정질 실리콘 박막의 결정화는 상기 박막에 레이저 빔을 조사함으로써 소정 크기의 결정화 에너지를 공급하여 용융상태로 만든 후에, 결정화시키는 과정을 거친다. 통상적인 경우, 비정질 실리콘 박막은 PECVD에 의하여 증착되며, 이 경우 비정질 실리콘 박막에는 약 15%정도의 수소가 함유된 상태가 된다. 따라서 비정질 실리콘 박막을 결정화하기 위한 종래의 일반적인 경우에는 400℃ 이상에서 열 어닐등에 의하여 탈수소화 공정을 먼저 진행한 후, 결정화공정을 진행한다. 이는 수소가 다량 함유된 비정질 실리콘에 탈수소화를 위한 저에너지의 레이저 빔을 조사하지 않은 상태에서 실리콘 박막이 큰 결정입자를 가지도록 결정성장이 일어나는 크기의 에너지를 가지는 레이저 빔을 공급하게 되면, 용융상태의 실리콘 내에 존재하는 다량의 수소가 폭발적으로 탈출함으로써, 실리콘 박막에 손상을 주기 때문이다. (도 3은 탈수소화가 급진전으로 일어나서 실리콘 박막이 손상된 상태를 보여줌)

도 1은 종래의 기술에 의한 레이저 에너지의 프로파일과 본 발명에 의한 레이저 에너지의 프로파일을 설명하기 위한 도면이다.

종래의 기술에 사용된 레이저 에너지의 프로파일(A)은 에너지밀도 증가영역에서의 에너지밀도의 기울기가 크다. 이는 종래의 경우, 탈수소화 공정을 끝나 수소가 거의 없는 비정질 실리콘 박막에 결정화 공정에 필요한 높은 에너지를 지속적으로 공급하기 위함이다. (A)와 같은 프로파일을 가지는 레이저 빔 에너지를 탈수소화가 진행되지 않은 비정질 실리콘 박막에 공급하게 되면, 다량의 수소에 과잉에너지가 순간적으로 공급됨으로써, 폭발적으로 방출되어 박막에 손상을 준다.

본 발명에 사용된 레이저 에너지의 프로파일(B)은 에너지밀도 증가영역에서의 에너지밀도의 기울기가 종래의 것보다 훨씬 완만하다. 따라서 (B)와 같은 프로파일을 가지는 레이저 빔을 비정질 실리콘 박막에 조사하게 되면, 실리콘 박막이 용융되고 결정화되는 정도가 작아서 그에 따라 실리콘이 용융될 때 용융된 실리콘 내의 수소량도 적다. 또한, 수소에 공급되는 에너지의 변화율이 적기 때문에 박막 상부에서부터 박막 하부로 점진적인 탈수소화가 진행된다. 즉, 본 발명은 에너지밀도 증가영역에서 에너지밀도의 증가폭을 낮춤으로써, 비정질 실리콘 박막이 용융될 때, 용융된 실리콘 내의 수소함량을 적게하고, 이 때의 수소가 받는 에너지를 적게 함으로써, 비정질 실리콘 박막 내의 수소를 점진적으로 빼내고 결정화를 진행하여 수소에 의한 손상을 방지한다. 박막에 조사하는 초기 에너지 변화율을 최적화하여 수소에 의한 손상을 없애고 생산성을 높이기 위해서는 본 발명에 따른 프로파일(B)에 보인 바와 같이, 에너지밀도 증가영역에서의 에너지밀도의 기울기를 최소화하고, 레이저 빔의 중첩비율을 가능한 한 줄인다. 즉, 생산성을 향상시키고 수소에 의한 손상을 없앨 수 있도록 초기 레이저 펄스 빔 당 레이저 에너지 변화율을 최적화한다.

도 2는 본 발명의 제 1 실시예에 따른 가우시안 프로파일을 가지는 레이저빔을 설명하기 위한 도면으로, 각각의 에너지 밀도에 따른 레이저빔의 프로파일을 도시한 것이다. 가로축의 눈금은 전체 빔의 너비를 99% 중첩하는 경우를 표시한 것으로, 레이저 빔의 너비가 주어지면, 중첩 비율에 의하여 중첩길이를 알 수 있다. 세로축은 에너지 밀도를 표시한 것이다.

도면에 표시한 바와 같이, A는 비정질 실리콘 박막의 표면이 녹기 시작하는 에너지 밀도지점이고, C는 측면 성장(lateral growth)이 시작되는 에너지 밀도지점이며, D는 결정입자의 크기를 150nm 정도로 키울 수 있는 지점이며, G는 비정질 실리콘 박막을 뜯뜨게 할 수 있는 에너지 밀도지점이다.

에너지 밀도가 A~C인 레이저 빔을 사용하여 비정질 실리콘 박막을 조사하는 경우에는 에너지 밀도가 충분히 크지 않기 때문에 실리콘 박막의 하부 계면까지 용융되지 않아서 결정성장도 수직으로 일어난다. 따라서 실리콘의 결정입자도 적고 하부 계면에 수소도 어느 정도 함유되어 있는 상태가 된다. 에너지 밀도가 C~F인 레이저빔을 비정질 실리콘 박막을 조사하는 경우에는 박막의 상태는 결정입자의 측면성장이 이루어져 결정입자의 확장이 일어나고, 수소에 의한 박막 손상도 거의 없다. 즉, 표면이 녹기 시작하고, 에너지 밀도의 증가로 측면 성장이 어느 정도 일어나서 결정입자가 400nm 정도로 성장하기 곳까지 탈수소화와 결정화가 점진적으로 일어나기 때문에 수소에 의한 박막의 박막의 손상이 없다. 에너지 밀도가 G 이상인 레이저 빔을 비정질 실리콘 박막에 조사하는 경우에는 고에너지에 받은 수소에 의하여 박막이 떨어져 나가서 보이드(void)가 생기거나 표면이 거칠어진다.(도 3참조)

따라서 본 발명에 의한 레이저 빔은 소정 크기의 에너지 밀도를 가지는 레이저 빔을 사용하되, 도면에 보인 바와 같이, 에너지밀도 증가영역에서의 에너지 기울기를 완만하게 해주고 중첩비율을 증가시킴으로써, 실리콘 박막에 공급되는 레이저 빔 에너지의 변화율을 최소화하여 수소가 실리콘 박막에 손상을 주지 않고 점진적으로 박막을 탈출할 수 있게 한다.

도 3부터 도 5가 보여주는 결정화된 실리콘 박막의 SEM 사진들은 이를 확인해준다. 도 3은 탈수소화를 진행하지 않은 상태의 실리콘 박막에 고에너지 밀도의 레이저를 공급함으로써 보이드가 형성되는 등 수소에 의해 손상된 박막의 상태를 보여준 실리콘 박막의 상태를 나타낸 것이고, 도 4는 통상의 열 어닐에 의하여 탈수소화를 진행한 후, 레이저 빔을 조사하여 결정화한 실리콘 박막의 상태를 나타낸 것이고, 도 5는 본 발명에 따른 완만한 기울기의 가우시안 프로파일을 가진 레이저빔을 조사하여 탈수소화 공정과 결정화 공정을 동시에 진행한 후의 실리콘 박막의 상태를 예를 들어 나타낸 것이다. 도면에서 알 수 있듯이, 본 발명에 따른 빔 프로파일을 가지는 레이저를 사용할 경우, 탈수소화와 결정화를 각각 실시하여 결정화한 종래의 경우와 마찬가지로 크고 균일한 결정입자를 형성하면서 수소에 의한 실리콘 박막의 손상없이 실리콘 박막을 결정화할 수 있다. 따라서 본 발명은 별도의 탈수소화 공정 없이 실리콘 박막의 결정입자를 크고 균일하게 결정화할 수 있다.

도 6은 상술된 본 발명을 적용한 본 발명의 제 2 실시예에 따른 탑햇(top hat) 프로파일을 가지는 레이저 빔을 설명하기 위한 도면으로, 각각의 에너지 밀도에 따른 레이저 빔의 프로파일을 도시한 것이다. 가로축의 눈금은 전체 빔의 너비를 99% 중첩하는 경우를 표시한 것으로, 레이저빔의 너비가 주어지면, 중첩 비율에 의하여 중첩길이를 알 수 있다. 세로축은 에너지 밀도를 표시한 것이다.

도 6에 표시한 바와 같이, A는 비정질 실리콘 박막의 표면이 녹기 시작하는 에너지 밀도지점이고, C는 측면 성장(lateral growth)이 시작되는 에너지 밀도지점이며, D는 결정입자의 크기를 150nm 정도로 키울 수 있는 지점이며, F는 비정질 실리콘 박막의 표면을 뜯뜨게 하는 에너지 밀도지점이다.

이 실시예에서는 에너지 밀도가 E이하인 레이저 빔을 사용하되, 에너지밀도 증가영역에서의 에너지 기울기를 완만하게 해주고 중첩비율을 증가시킴으로써, 박막에 공급되는 레이저 빔 에너지의 변화율을 최소화하여 수소가 실리콘 박막에 손상을 주지 않고 점진적으로 박막을 탈출할 수 있게 하는 레이저 빔의 프로파일을 제공한다. 즉, 제 1 실시예에서 설명한 바와 같이, 에너지밀도 증가영역에서의 에너지 변화율을 최소화한 레이저 빔을 공급함으로써, 실리콘 박막의 표면이 녹기 시작하여 측면 성장이 어느 정도 일어나는 부분까지 점진적으로 탈수소화와 결정화가 일어나도록 하여 수소에 의한 박막의 손상없이 결정입자를 성장시킨다.

그런데 가우시안 프로파일의 경우에 비하여 탑햇 프로파일은 그 프로파일의 특성상, 에너지밀도 증가영역에서의 에너지

기울기가 크다. 따라서, 동일한 빔 폭과 동일한 크기의 에너지 밀도를 가지는 탐펫 프로파일을 가지는 레이저 빔은 가우시안 프로파일을 가지는 레이저 빔보다 레이저 빔의 펄스 당 에너지 밀도 증가율이 크다. 따라서 수소에 의한 박막의 손상 없이 탈수소화와 결정화를 동시에 진행할 수 있는 에너지밀도가 적어 프로세서 윈도우(process window)가 적은 것이 특징이다.

도 7은 본 발명에 의하여 탈수소화 공정과 결정화 공정이 진행된 다결정 실리콘 박막의 수소함량을 각각 나타낸 것이다. 기준선 I은 PECVD에 의하여 증착되어 탈수소화가 안된 실리콘 박막의 수소함량을 나타내고, 기준선 II는 실리콘 박막에 탈수소화 공정을 진행한 후의 실리콘 박막의 수소함량을 나타내고, 기준선 III은 실리콘 박막에 탈수소화를 진행한 다음, 레이저 어닐링에 의한 결정화 공정을 진행한 후의 실리콘 박막의 수소함량을 나타낸 것이다.

도면에 보인 바와 같이, 별도의 탈수소화 공정을 끝낸 후 레이저 결정화한 후의 다결정 실리콘 박막과 본 발명에 의하여 탈수소화와 결정화작업을 동시에 진행한 후의 실리콘 박막의 수소함량은 거의 같다.

상기에서는 가우시안 프로파일과 탐펫 프로파일의 두 가지 실시예만을 들어 본 발명을 서술하였지만, 상술된 본 발명의 원리를 적용하여 다양한 형태의 레이저 빔의 프로파일을 제공할 수 있다. 그 일 예로, 에너지 프로파일이 에너지밀도 증가영역에서는 실리콘 박막에 손상이 없도록 탈수소가 용이한 매우 완만한 기울기를 가지도록하고, 이 후의 에너지밀도 영역에서는 결정화에 유리하도록 설계된 비대칭적인 것을 사용할 수 있다. 즉, 에너지 밀도 증가영역에서의 에너지 기울기를 완만하게 해주고 중첩비율을 증가시킴으로써, 박막에 공급되는 레이저 빔 에너지의 변화율을 최소화하도록 조절하는 방식에 의하여 비정질 실리콘 박막을 수소에 의한 손상없이 탈수소화와 결정화를 동시에 진행시킨다.

본 발명은 탈수소화를 위한 열공정이 진행되지 않기 때문에 하부에 금속층이 위치하는 구조에서 상기 열처리 공정시 금속의 손상을 방지할 수 있다.

#### 발명의 효과

본 발명은 레이저 결정화시, 에너지밀도 경사영역에서 각 레이저 펄스 빔 당 에너지밀도 변화율을 최소화한 프로파일을 가진 레이저 빔을 비정질 실리콘 박막에 조사함으로써, 한 번의 레이저 빔 스캐닝으로 탈수소화 공정과 결정화 공정을 동시에 진행할 수 있다. 따라서 탈수소화 작업을 위한 별도의 공정이나 장비가 생략되기 때문에 제조공정을 단순화하고, 공정시간을 단축시킬 수 있다. 또한, 탈수소화를 위한 열공정이 진행되지 않기 때문에 하부에 금속층이 위치하는 구조에서 상기 열처리 공정시 금속의 손상을 방지할 수 있다.

#### (57) 청구의 범위

청구항 1. 비정질 실리콘에 소정의 프로파일을 가지는 레이저 빔을 스캐닝 방식으로 조사하되, 한 번의 스캐닝 공정으로 탈수소화 공정과 결정화 공정을 동시에 진행하여 비정질 실리콘을 결정화하는 방법.

청구항 2. 레이저 펄스 빔을 소정의 중첩비율로 스캐닝하는 방식으로 비정질 실리콘 박막을 결정화하는 방법에 있어서, 상기 레이저 빔의 조사방법에 의하여 에너지밀도 증가영역에서 각 레이저 펄스 빔에 대한 에너지밀도의 변화율을 최소화하여 탈수소에 의한 박막의 손상이 없도록 레이저 빔 프로파일과 각 레이저 빔당 이동하는 스캔길이를 조절하는 방식으로 탈수소화 공정과 결정화 공정을 동시에 진행하는 비정질 실리콘을 결정화하는 방법.

청구항 3. 청구항 2에 있어서, 상기 에너지 프로파일은 가우시안 프로파일인 것이 특징인 비정질 실리콘 박막을 결정화하는 방법.

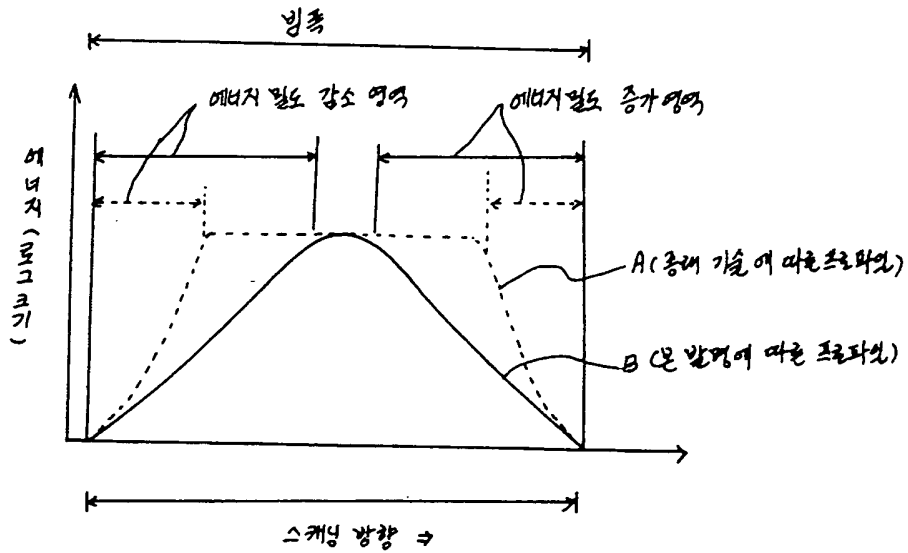
청구항 4. 청구항 2에 있어서, 상기 에너지 프로파일은 탐펫 프로파일인 것이 특징인 비정질 실리콘 박막을 결정화하

는 방법.

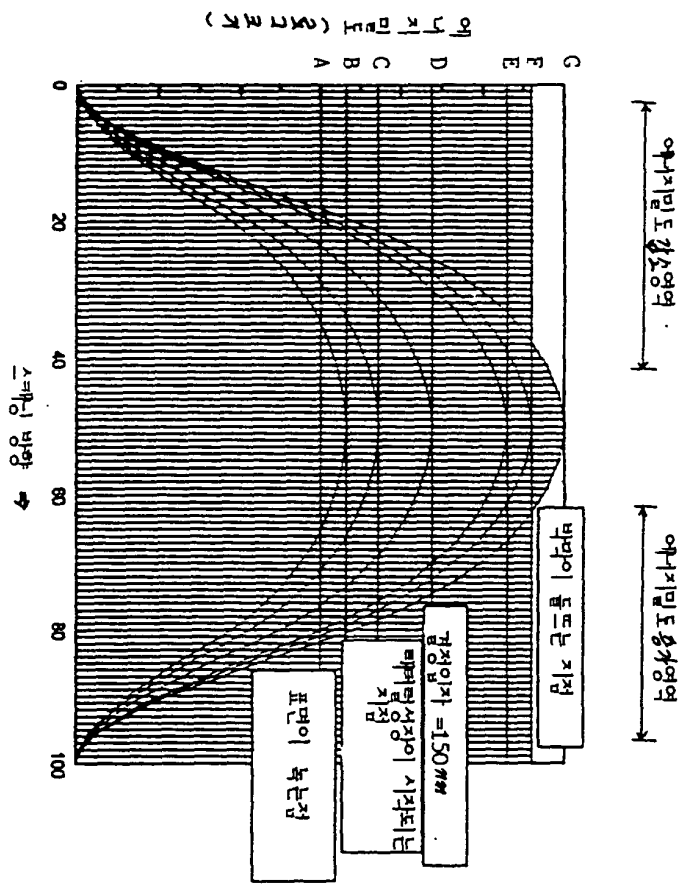
청구항 5. 청구항 2에 있어서, 상기 에너지 프로파일이 에너지밀도 증가영역에서는 실리콘 박막에 손상이 없도록 탈수소가 용이한 매우 완만한 기울기를 가지고 이 후의 에너지밀도 영역에서는 결정화에 유리하도록 설계된 비대칭적인 것이 특징인 비정질 실리콘 박막을 결정화하는 방법.

도면

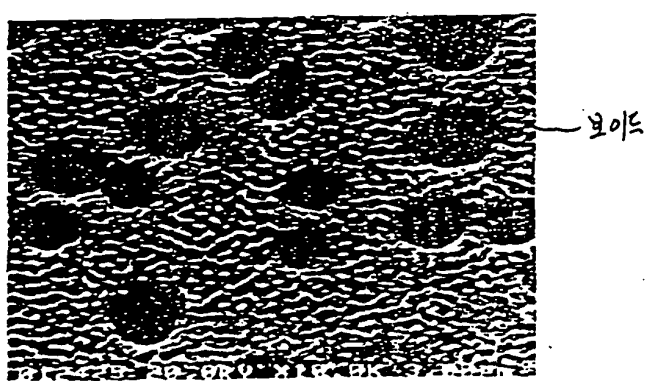
도면1



도면2



도면 3



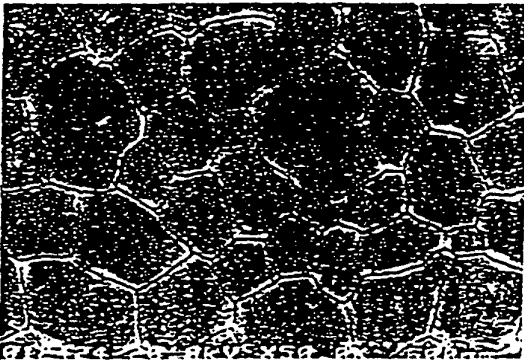
도면4



경성 암자

경성 암자의 바깥면

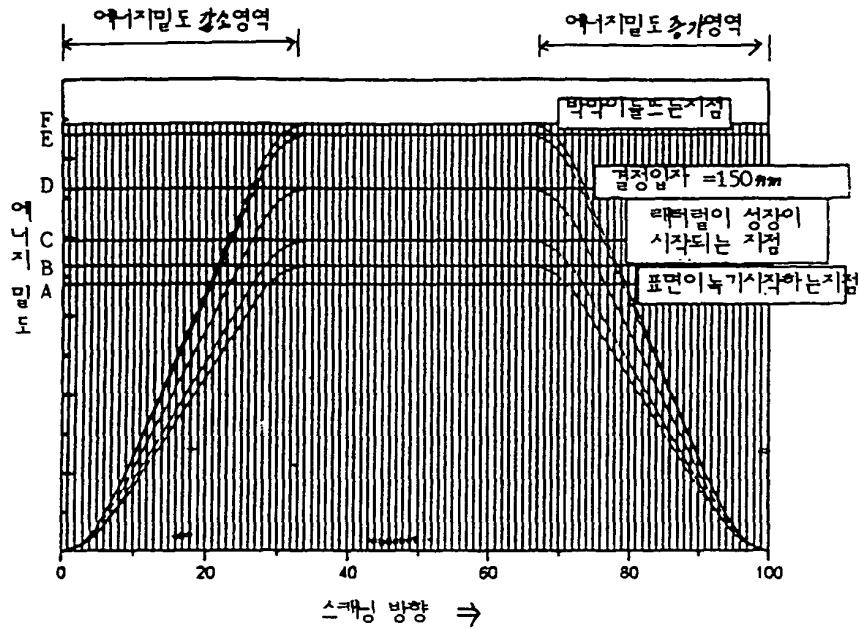
도면5



경성 암자

경성 암자의 바깥면

도면6



도면7

